

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
GABRIEL RENÉ MORENO
Facultad Integral del Chaco



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA FICH / UAGRM

INTERCAMBIADOR DE CALOR

TRABAJO ACADEMICO FORMATIVO
presentado en la
EXPOCIENCIA 2016** de la **UAGRM
por estudiantes de la Carrera:
INGENIERÍA DEL PETRÓLEO Y GAS NATURAL

Camiri – Santa Cruz - Bolivia
Octubre 2016

RESUMEN

El trabajo consiste en el diseño y realización de un intercambiador de calor que enfríe y caliente al mismo tiempo un fluido cumpliendo la función de un intercambiador de coraza y tubo; es un trabajo realizado por los estudiantes del 7mo semestre de la carrera de Ingeniería del Petróleo y Gas Natural; de esta manera se lleva a la práctica conocimientos teóricos que ayudan a comprender mejor el funcionamiento de este tipo de equipos útiles en las plantas de gas natural.

ABSTRACT

The work consists in the design and realization of a heat exchanger that cools and at the same time heats a fluid fulfilling the function of a shell and tube exchanger; Is a work done by the students of the 7th semester of the course of Engineering of the Oil and Natural Gas; In this way theoretical knowledge is put into practice that helps to better understand the operation of this type of equipment useful in natural gas plants.

PALABRAS CLAVE / KEYWORDS

Intercambiador, Calor, Fluido, FICH, UAGRM, Camiri

Exchanger, Heat, Flow, FICH, UAGRM, Camiri

FICHA DE INFORMACIÓN GENERAL

DATOS DEL TRABAJO		
Título:	*Intercambiador de Calor*	
Área:	*Diseño de Plantas de Gas Natural*	
Duración:	*3 meses*	
Contexto en que se lleva adelante:	*El proyecto se realizó con un grupo de estudiantes de la Carrera de Ingeniería del Petróleo y Gas Natural*	
Responsables: (Nombre del estudiante y N° Celular)	***Nombre Completo***	***N° Teléfono***
	Diego Apodaca Cuellar	*73101468*
	Juana Iris Perez Hoseph	*65936262*
	Franz Aguirre Barrero	*70069060*
	Gloria Landivar Lara	*68799867*
	Gustavo Yandura Aparicio	*72618317*
	Kevin Sansuste Miranda	*78533619*
	Jose Alejandro Titizano	*72602642*
	Richard Condori Huanca	*76048549*
	Lucio Alejandro Romero M.	*78052463*
	Yoselin Chilo Flores	*74601684*
Facultad / Carrera / Nivel/Asignatura	*Facultad Integral del chaco / 7mo Semestre / Diseño de Plantas de Gas Natural*	
Docente Tutor:	*Msc. Nahir Medina A.* *N°Cel: 77821875* *nahirsarahmedina@hotmail.com*	
BENEFICIARIOS DE TRABAJO		
Grupo, Sector, u Organización:	*Estudiantes y Docentes de la Carrera Ingeniería del Petróleo y Gas Natural*	
Provincia/ Municipio/ciudad	*Cordillera / Camiri / Camiri*	
Responsables de la coordinación	*Estudiantes de la carrera de Ingeniería del Petróleo y Gas Natural*	
Número y nombre de la calle:	*Av. Humberto Suarez Roca Barrio 21 de diciembre*	
Nº de Teléfono/Fax	*952-3822*	

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

1. Pertinencia Temática

En los últimos años, la demanda de recursos energéticos ha crecido exponencialmente, de la mano con el desarrollo global, no así la cantidad de estos recursos. Esto ha traído como consecuencia un esfuerzo general de las industrias en la optimización de sus procesos y el aprovechamiento al máximo de la energía consumida. A menudo, la productividad de las plantas de operación y tratamiento de gas natural está relacionada con la efectividad con la cual se utiliza y/o recupera el calor en determinados puntos del proceso. Es en este ámbito que los intercambiadores de calor juegan un rol esencial.

Los intercambiadores de calor son dispositivos ampliamente utilizados en diferentes tipos de industrias, particularmente en la industria petrolera y petroquímica.

Un intercambiador de calor es un dispositivo destinado a transferir energía térmica entre dos o más fluidos, a través de una superficie sólida o mediante el contacto directo de los fluidos, sin la utilización de calor o trabajo externo. Los fluidos pueden ser sustancias simples o mezclas. Las aplicaciones más comunes involucran el enfriamiento, calentamiento, evaporación o condensación de una corriente de fluidos, y recuperación o re-inyección de calor en un sistema, destilar, fraccionar, o controlar fluidos de proceso, entre otras.

2. Organización del Contenido del Tema

Dentro de las competencias de la materia de Diseño de plantas de Gas Natural (PRG 400); está el de conocer conceptos, identificar equipos y sus utilidades en una planta de gas natural, los equipos complementarios lo componen los intercambiadores de calor, dentro de otros como los separadores, cajas frías (Chiller), etc.

2.1. Mecanismos de transferencia de calor

Los mecanismos de transferencia de calor son:

2.1.1. Conducción

Consiste en la transferencia de calor de un cuerpo a otro sin aparentes movimiento de las partículas del cuerpo, por lo que se le define como *difusión de energía debida a un movimiento molecular aleatorio.* La conductividad térmica es la propiedad que mide la capacidad de los materiales para transferir calor por conducción. Un ejemplo sencillo de este mecanismo es el calor que se siente en uno de los extremos de cualquier varilla metálica, cuando el otro extremo es calentado por algún medio (por un mechero o una vela, por ejemplo). Los métales sólidos tienen valores elevados de conductividad térmica.

2.1.2. Convección

Es un fenómeno macroscópico que puede ocurrir cuando actúan fuerzas sobre una corriente de fluidos (o sobre una partícula) manteniendo su movimiento frente a fuerzas de fricción. Físicamente puede entenderse como una *difusión de energía debida*

a un movimiento molecular aleatorio más una transferencia de energía debida a un movimiento de todo el volumen del fluido.

El calentamiento y enfriamiento de gases y líquidos son los ejemplos más habituales de transmisión de calor por convección. Dependiendo de si el fluido es provocado artificialmente o no, se distinguen dos tipos: convección forzada y convección libre (también llamada natural). La convección forzada implica el uso de algún medio mecánico, como una bomba o un ventilador, para provocar el movimiento del fluido. Un ejemplo de este mecanismo se da cuando una corriente de aire caliente, que emana un horno, fluye a través de una habitación.

2.1.3. Radiación

Es el término con el que se define la transferencia de calor en el espacio a través de ondas electromagnéticas. Si el espacio que atraviesan las ondas está vacío no habrá transformación de energía en forma de calor. Si hay algún cuerpo en ese espacio, la radiación podrá ser transmitida, reflejada o absorbida por ese cuerpo. Solo la radiación absorbida aparecerá como calor. Por ejemplo, una superficie pulida (como un espejo) tiende a reflejar casi toda la radiación que le impacta. Una superficie oscura y rugosa absorbe gran parte de la radiación y se calienta.

2.2. Concepto de Intercambiador de Calor

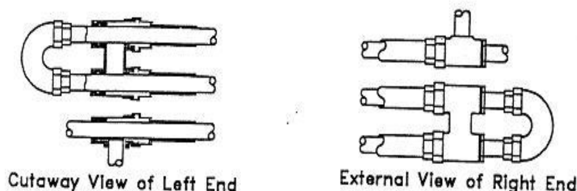
Un intercambiador de calor es un equipo utilizado para enfriar un fluido que está más caliente de lo deseado, transfiriendo este calor a otro fluido que está frío y necesita ser calentado. La transferencia de calor se realiza a través de una pared metálica o de un tubo que separa ambos fluidos.

2.3. Tipos de intercambiadores de calor

2.3.1. Intercambiadores de tubería doble

Consiste en un tubo pequeño que está dentro de otro tubo mayor, circulando los fluidos en el interior del pequeño y entre ambos. Estos intercambiadores se utilizan cuando los requisitos de área de transferencia son pequeños.

Figura 1.- Intercambiadores de tubería doble





Fuente.- Ontiveros J.; Dimensionamiento de Equipos de transferencia de calor

Dpto Ing. Química y Textil, Universidad de Salamanca; Diseño de Equipos e Instalaciones

2.3.2. Intercambiadores enfriados por aire

Consisten en una serie de tubos situados en una corriente de aire, que puede ser forzada con ayuda de un ventilador. Los tubos suelen tener aletas para aumentar el área de transferencia de calor.

Pueden ser de hasta 40 ft (12 m) de largo y anchos de 8 a 16 ft (2,5 a 5 m).

La selección de un intercambiador enfriado por aire frente a uno enfriado por agua es una cuestión económica, hay que consideran gastos de enfriamiento del agua, potencia de los ventiladores y la temperatura de salida del fluido (un intercambiador de aire, tiene una diferencia de temperatura de unos 15 ºF (8 ºC)). Con agua se obtienen diferencias menores.

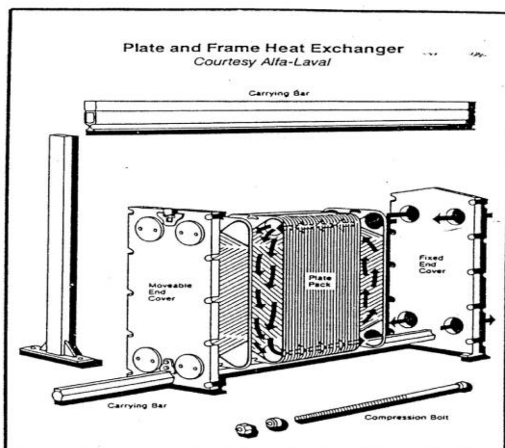
2.3.3. Intercambiadores de tipo placa

Llamados también intercambiadores compactos. Pueden ser de diferentes tipos:

- Intercambiadores de tipo placa y armazón (*plate-and-frame*) similares a un filtro prensa.
- Intercambiadores de aleta de placa con soldadura (*plate fin*).

Admiten una gran variedad de materiales de construcción, tiene una elevada área de intercambio en una disposición muy compacta. Por la construcción están limitados a presiones pequeñas.

Figura 2.- Intercambiadores tipo placa





Fuente.- Ontiveros J.; Dimensionamiento de Equipos de transferencia de calor
Dpto Ing. Química y Textil, Universidad de Salamanca; Diseño de Equipos e Instalaciones

2.3.4. Intercambiadores de casco y tubo

Son los intercambiadores más ampliamente utilizados en la industria química y con las consideraciones de diseño mejor definidas. Consisten en una estructura de tubos pequeños colocados en el interior de un casco de mayor diámetro.

Las consideraciones de diseño están estandarizadas por The Tubular Exchanger Manufacturers Association.

Figura 3.- Tipos de Cabezales y carcazas

	TIPOS DE CABEZAL ESTACIONARIO, EXTREMO FRONTAL		TIPOS DE CORAZAS		TIPOS DE CABEZALES, EXTREMO POSTERIOR
A	CANAL Y CUBIERTA DESMONTABLE	E	CORAZA DE UN PASO	L	DE ESPEJO FIJO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO "A"
B	CASQUETE (CUBIERTA INTEGRADA)	F	CORAZA DE DOS PASOS CON DEFLECTOR LONGITUDINAL	M	DE ESPEJO FIJO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO "B"
C	SOLÓ HAZ DE TUBOS DESMONTABLE; CANAL INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	G	DE FLUJO PARTIDO	N	DE ESPEJO FIJO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO "N"
N	CANAL INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	H	DE FLUJO PARTIDO DOBLE	P	CABEZAL FLOTANTE CON EMPAQUE EXTERIOR
D	CIERRE ESPECIAL A ALTA PRESIÓN	J	DE FLUJO DIVIDIDO	S	CABEZAL FLOTANTE CON DISPOSITIVO DE APOYO
		K	REHERVIDOR DE CALDERA	T	CABEZAL FLOTANTE SIN CONTRABRIDA
		X	FLUJO CRUZADO	U	HAZ DE TUBO EN U
				W	ESPEJO FLOTANTE SELLADO EXTERNAMENTE

Fuente.- Dpto Ing. Química y Textil, Universidad de Salamanca; Diseño de Equipos e Instalaciones

2.4. Aplicaciones de los intercambiadores de calor

Las aplicaciones de los intercambiadores de calor son muy variadas y reciben diferentes nombres:

- **Intercambiador de calor;** realiza la función doble de calentar y enfriar dos fluidos.
- **Condensador;** condensa un vapor o mezcla de vapores.

- **Enfriador;** enfría un fluido por medio de agua.
- **Calentador;** aplica calor sensible a un fluido.
- **Rehervidor;** conectado a la base de una torre fraccionadora proporciona el calor de re ebullición que se necesita para la destilación. (Los hay de termosifón, de circulación forzada, de caldera….).
- **Vaporizador;** un calentador que vaporiza parte del líquido.

3. Didáctica Seleccionada para la presentación del tema

La didáctica en el proceso de aprendizaje y presentación del tema se ha tomado en cuenta el ***Plan de Marting***, por ser el más general y adaptable.

En síntesis el plan consiste en los siguientes pasos:

- **Introducción**; este aspecto tiene por objeto, aprovechar las ideas aperceptrices y el interés de los alumnos.
- **Desarrollo**; es el proceso mismo del aprendizaje dividido en los diferentes ejercicios y actividades.
- **Recapitulación**; referentes a la síntesis y aplicación de lo aprendido.

Se utiliza el plan Marting mediante una adecuada adaptación que se refiere sobre a todo a cuestión de términos. He aquí el plan utilizado:

3.1. Etapa de preparación del aprendizaje

Es una etapa preparatoria al nuevo aprendizaje, necesaria e imprescindible ya que sólo se puede cultivar en un terreno que previamente ha sido preparado y abonado; de lo contrario toda actividad cae en campo estéril. La preparación del aprendizaje consta de dos aspectos:

a).- Preparación psicológica; Referente a los aspectos de motivación inicial; el docente debe preocuparse al máximo de descubrir y dominar las mejores técnicas para despertar un real interés y habrá de cuidarse de no creer que la motivación de raigambre psíquica se consigue con discursos o artificies que apenas consiguen una atención efímera y un interés tan superficial que bien pronto desaparece. La motivación necesita profundidad y enraizamiento fuerte que la mantenga a través de todo el proceso de aprendizaje. En otros términos, una motivación bien lograda es condición básica de un aprendizaje serio y duradero.

b).- Preparación científica; Referente a las revisiones previas, necesarias para la comprensión del nuevo aprendizaje. Definición de conceptos básicos involucrados al trabajo, de igual manera investigación referente al tema en libros, páginas web, etc.

3.2. Etapa de dirección del nuevo aprendizaje

Es una etapa fundamental al desarrollo mismo de la lección. Es la etapa ejecutiva donde se deben realizar todas las observaciones,

actividades y experimentos necesarios para conseguir los resultados del aprendizaje.

3.3. Etapa de expresión, ordenación y síntesis

Es otra etapa básica donde se debe sintetiza los aspectos fundamentales de la lección. Esta síntesis debe ser ordenada de tal suerte que el alumno quede en posesión de ideas claras y precisas.

3.4. Etapa de control, complementación y práctica

Es una etapa complementaria cuyo objeto es controlar los resultados del aprendizaje, complementarlos debidamente para luego realizar la práctica aconsejable según la naturaleza del tema. La práctica inteligente y metódica, permite finalmente fijar la manera positiva del aprendizaje realizado.

El plan debe ser elástico, es precisamente contemplando esta verdad que se ha adoptado el presente plan, pues él permite desarrollar las lecciones dentro de ese campo elástico. La didáctica especial propuesta trata de ser una guía práctica determinadas por los objetivos fundamentales formulados de acuerdo al tema de ***intercambiadores de calor*** de la materia de Diseño de Plantas de Gas Natural (PRG-400).

La asignatura dictada no separadamente sino fusionadas debido a que involucra varios conocimientos básicos de modo que se patenticen las relaciones y se gane la compresión. En lugar de memorizar las lecciones, el estudiante con espíritu de indagación,

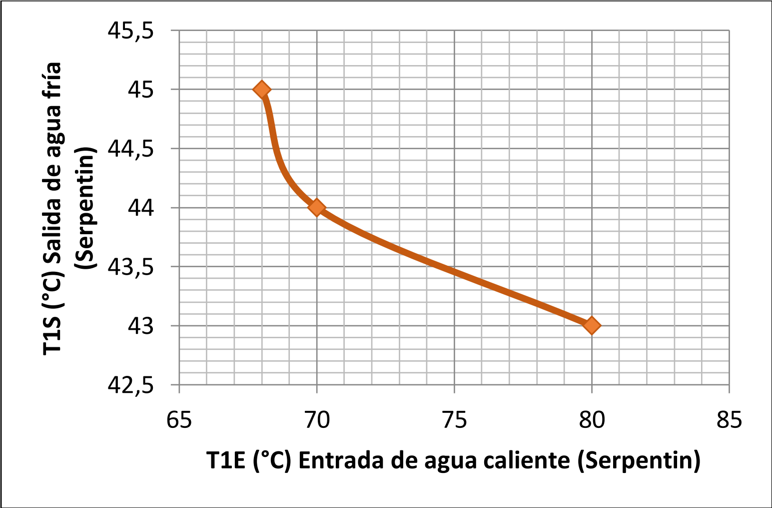
realiza descubrimientos por sí mismo; es un agente activo de la finalidad determinada la experimentación y la evaluación.

Tabla 1.- Planilla de control de datos del intercambiador de calor

PLANILLA DE CONTROL DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR							
		ENTRADA		SALIDA			
Tiempo de espera de prueba a prueba (min)	N° DE PRUEBAS	H_2O *Caliente*	H_2O *fría*	H_2O *enfriada*	H_2O *calentada*	Diferencial del Enfriamiento	Diferencial del Calentamiento
		T1E (°C) (Serpentin)	T2E (°C) (Tubo PVC)	T1S (°C) (Serpentin)	T2S (°C) (Tubo PVC)	ΔT (Serpentin) (°C)	ΔT (Tubo PVC) (°C)
15	1	68	5	45	16	23	11
3	2	70	3	44	17	26	14
8	3	80	3	43	18	37	15

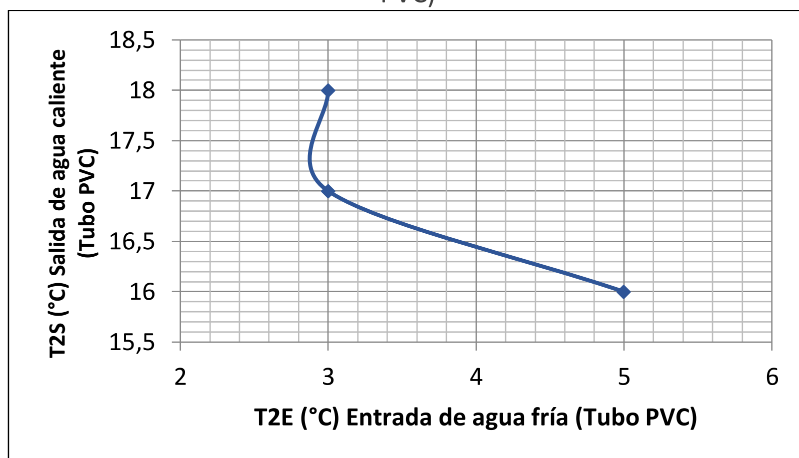
Fuente.- Elaboración Propia

Figura 4.- Intercambio de calor en el serpentín del intercambiador



Fuente.- Elaboración Propia

Figura 5.- Intercambio de calor en la coraza del intercambiador (Tubo PVC)



Fuente.- Elaboración Propia

En este trabajo la transferencia de calor entre (por lo menos) dos cuerpos que están en contacto a diferentes temperaturas se da desde el objeto de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. En consecuencia, la temperatura del primer objeto decrece mientras que la del segundo incrementa.

4. Conocimiento y Dominio del Tema

Los intercambiadores son realmente muy útiles en la industria. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico. Un intercambiador típico es el radiador del motor de un automóvil, en el que el fluido refrigerante, calentado por la acción del motor, se refrigera por la corriente de aire que fluye sobre él y,

a su vez, reduce la temperatura del motor volviendo a circular en el interior del mismo.

Prácticamente, cualquier proceso químico debe llevarse a cabo a cierta temperatura (que, por lo general, es diferente a la temperatura ambiente). En los procesos reactivos siempre se involucran grandes cantidades de calor, haciendo necesario calentar o enfriar los componentes. El calor retirado en los enfriadores, por ejemplo, es utilizado para precalentar otros componentes del proceso que requieren estar a temperatura elevadas. Este constante precalentamiento y/o enfriamiento se traduce en buen parte en rentabilidad de un proceso químico industrial, lo que finalmente es una de las variables más relevantes (si no la más relevante de todas) en la cadena de producción.

Figura 6 .- Intercambiador de Calor Gas – Gas en la industria petrolera



Fuente.- Planta de Dew Point (Punto de Rocío) “Tacobo”

5. Aporte al proceso de Enseñanza-Aprendizaje

Dentro de los métodos principales de la pedagogía se tiene:

a).- La observación; consiste en la consideración o percepción de los hechos tal como se nos presentan espontáneamente en la realidad educativa. Se limita a la descripción y registro de los fenómenos sin modificarlos.

b).- La experimentación; Consiste en la observación y registro de un hecho o fenómeno provocado intencionalmente. Permite comprobar los fenómenos a los cuales el curso natural de las cosas no proporcionaría ocasión de manifestarse y que son sin embargo importantes para la solución de los problemas que se plantean. Según Meumann, el experimento directamente pedagógico consiste en "comprobar de un modo comparativo, y reducible a cifras la aptitud de los métodos de enseñanza y de educación, y la demostración de sus causas. "La experimentación aventaja a la observación en que permite controlar el fenómeno a voluntad, modificando las condiciones, repitiéndolo y comprobando sus resultados objetivamente. Tanto la observación como la experimentación parten de Hipótesis".

El aporte al proceso de Enseñanza-Aprendizaje es la observación y experimentación; establecidos los fines se ha dispuesto de determinados recursos y materiales y/o medios para alcanzarlos. Esto obliga el reconocimiento de que existe o tiene que existir una acción educativa que se realizará por métodos propios, los métodos de la educación de acuerdo al programa de la materia de Diseño de

Plantas de Gas Natural (PRG-400); que corresponden al desarrollo del conocimiento del estudiante, atendiendo a la variabilidad de los contenidos.

Se aprende mejor mediante el desempeño real; Dewey llamó la atención sobre el hecho de que la enseñanza tradicional enseñaba principalmente mediante libros y no a través de experiencias directas. Durante toda la vida las experiencias propias tienen más significado que las adquiridas sustitutivamente.

6. Creatividad

La representación de un intercambiador de calor en contraflujo ha sido elaborado por los estudiantes de la carrera de Ing. del Petróleo y Gas Natural; se han utilizado materiales caseros; tomando en cuenta que se realice efectivamente la transferencia de calor.

Figura 7.- Elaboración del intercambiador de calor



Fuente.- Elaborado por los Estudiantes de Ing. del Pet. y Gas Natural

Figura 8.- Contenedores de agua caliente y agua fría





Fuente.- Elaborado por los Estudiantes de Ing. del Pet. y Gas Natural

Figura 9.- Intercambiador de calor



Fuente.- Elaborado por los Estudiantes de Ing. del Pet. y Gas Natural

7. Conclusión

El tipo de transferencia de calor que se tiene en el intercambiador de calor elaborado es entre una superficie sólida y un fluido adyacente en este caso agua lo que se denomina frecuentemente convección. La transferencia de calor viene a ser por lo general, un proceso lento en comparación con la transferencia de trabajo o esfuerzos mecánicos.

Cuando se trata de dimensionar un equipo de transferencia de calor es un proceso que engloba distintas disciplinas, un serio conocimiento de las necesidades energéticas de la planta, los fluidos involucrados, las restricciones en los deltas de temperatura permitidos a los fluidos, los materiales adecuados para construir el equipo entre otros; en este caso se tiene una transferencia de área

pequeña por lo que se ha analizado si es eficiente al realizar la transferencia de calor; por lo que el flujo por convección es proporcional a la diferencia de temperatura entre la superficie de transferencia y la masa de fluido en contacto con ella (ley de newton Q= h.A(Tsólido-Tfluido). Esta ecuación es aplicable a un punto en particular. Donde h es llamado coeficiente de transferencia de calor y A el área de transferencia de calor. Así el coeficiente por conducción, denominado conductividad térmica, es una propiedad del medio de transferencia.

Generalmente, en cualquier proceso de transferencia de calor se encuentran presente, simultáneamente, varios de estos mecanismos; por ejemplo la transferencia de calor por convección incorpora calor por conducción en el fluido; de hecho, si el fluido fuese no-conductor no se daría la convección, pues el movimiento sirve para poner en contacto las partes frías y calientes.

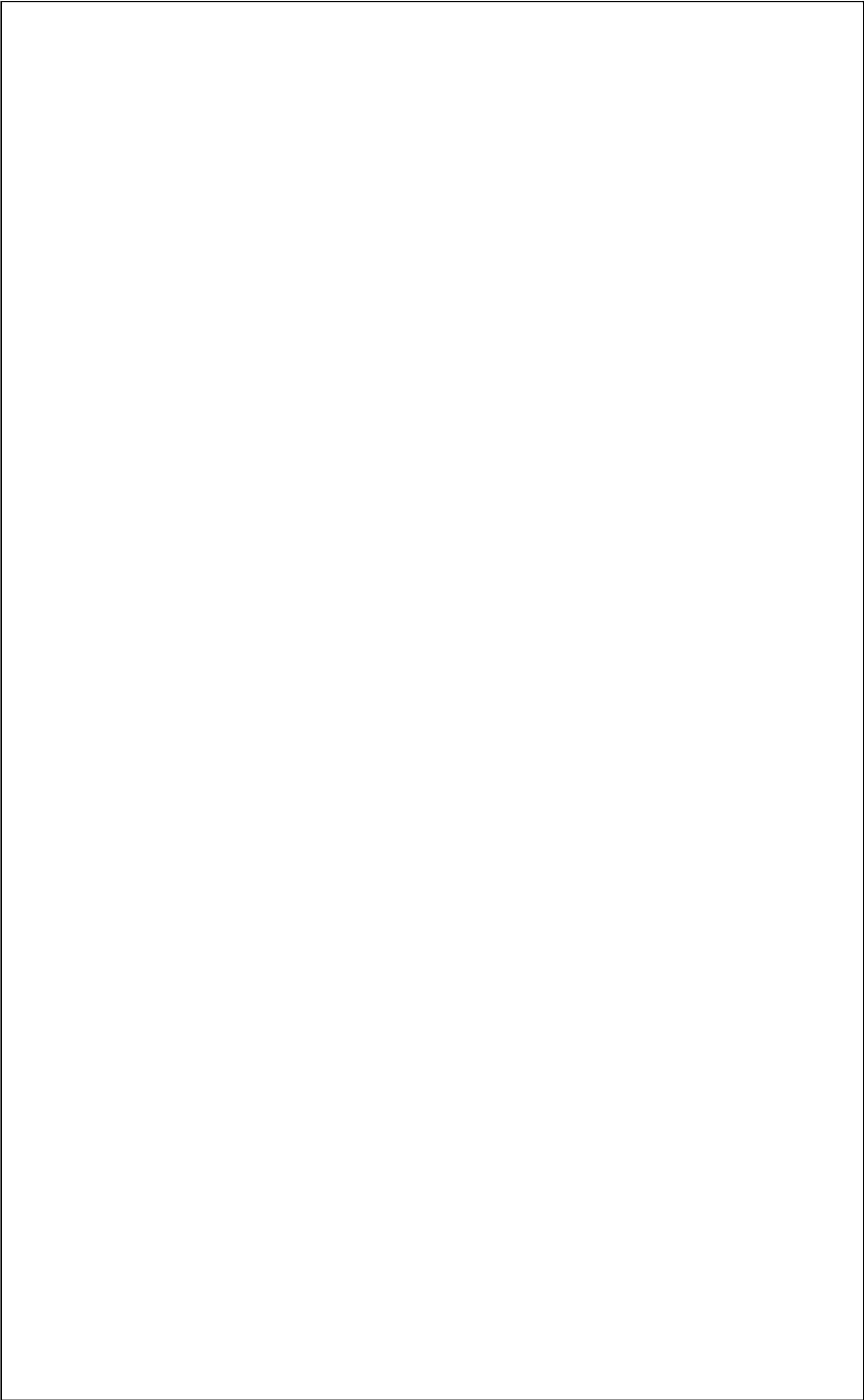
También se observa que en el proceso no existe cambio de fase o calor sensible, como su nombre sugiere, involucra operaciones de calentamiento y enfriamiento de fluidos donde la transferencia de calor resulta solamente en cambios de temperatura en el contacto sólido-líquido.

El flujo se realiza en contracorriente o contraflujo es decir fluyen en direcciones opuestas el uno del otro. Las variaciones de temperatura son idealizadas como unidimensionales. Esta es la disposición de flujo termodinámicamente superior a cualquier otra.

Dentro del intercambiador de calor se tiene un serpentín de cobre en forma de espiral; lo que al fluir continuamente entre curvas induce turbulencia en los fluidos, lo cual mejora la transferencia de calor y reduce el ensuciamiento en el caso de utilizarse líquidos con sólidos en suspensión, lodos, fluidos viscosos entre otros. Otra ventaja que presenta que puede intercambiar dos fluidos diferentes o se puede adaptar para más fluidos. Los intercambiadores de calor pueden ofrecer gran versatilidad de acuerdo a su diseño y cumplir su función eficientemente como se lo ha demostrado en este trabajo.

8. Fuente Bibliográfica

- **Domingo Martin A;** "Apuntes de Transmisión del Calor"; Departamento de Física e Instalaciones; Universidad Politécnica de Madrid.
- **Claudia S. Gómez Quintero;** "Apuntes de Procesos Químicos para Ingeniería de Sistema"; capítulo 5 (Procesos basados en transferencia de calor).
- **Donald Q. Kern;** "Procesos de Transferencia de calor"; 1999.
- **Dpto Ing. Química y Textil, Universidad de Salamanca**; "Diseño de Equipos e Instalaciones"; Intercambiadores de calor.
- **Ontiveros J**.; "Dimensionamiento de Equipos de transferencia de calor"; Operaciones Unitarias II.





V°B° Ing. Fernando Jiménez Cuellar
DIRECTOR
Instituto de Investigaciones de la FICH/UAGRM

Camiri, Noviembre de 2016